

核能簡訊
雙月刊
中華民國九十六年二月號
No. 104
日本低放射性廢棄物最終處置
麻雀變鳳凰─日本六個所村
日本的淺地層處置
驚天動地90秒！







CONTENTS

專題報導

- 低放射性廢棄物處置流程…………黃粟來 譯 1
- 麻雀變鳳凰--日本六個所村…………編輯室 4
- 日本的淺地層處置……………………編輯室 6
- 低放射性廢棄物處置的守門員……黃粟來 譯 10

熱門話題

- 驚天動地90秒！…………………………編輯室 13

老師！有問題

- 強烈地震會不會讓核電廠垮掉？…黃粟來 譯 17

核能脈動

- 日本2015年核電比例將增加為43% 葉有財 譯 18
- 核能新聞……………………………翁雅慧 譯 19

編｜者｜的｜話

又是新的一年開始，核能簡訊從這期開始也將大幅改版，從封面到內頁的設計風格全部翻新，單元內容也都重新規劃，希望帶給長期閱讀本刊的讀者耳目一新的感覺。

104期的「專題報導」主要是針對日本的低放射性廢棄物最終處置做一系列的報導，從日本的最終處置場—六個所村的介紹，到淺地層處置，到處置時的輻射防護作業。搭配為什麼會有低放射性廢棄物的圖解式說明，希望一般民眾能瞭解日本在這方面的作法，進而對我國正在進行的低放射性廢棄物最終處置場選址作業有進一步的認識。

95年12月26日晚上8時26分的一場大地震，讓核三廠飽受虛驚，所幸該廠的值班運轉人員處變不驚且訓練有素，讓2號機在最安全、穩定的狀態下停機，平安度過我國自有核能電廠以來震央最近、震度最大的地震考驗。「熱門話題」單元，本刊記者親自訪問到當時值班的3位運轉人員，獨家直擊他們當時的心情寫照。藉由文字與圖片的敘述，我們將帶您重新回到現場，還原當時2號機控制室內那驚天動地的90秒。

改版之後的核能簡訊，將盡量以圖片、繪圖與看圖說故事的方式報導核能相關的議題。內容更淺顯易懂，美術設計也走活潑、多彩的路線，希望能提高一般民眾和中小學生讀者的閱讀興趣，也希望讀者們會喜歡這樣的改變。

出版單位　中華民國核能學會
　　　　　財團法人核能資訊中心
地　　址　新竹市光復路二段一〇一號
　　　　　研發大樓208室
電　　話　(03) 5711808
傳　　真　(03) 5725461
網　　址　http://www.nicenter.org.tw
E - mail　nic@nicenter.twmail.net
發 行 人　朱鐵吉
編輯委員　李四海、徐懷瓊、翁寶山、黃文盛、萬永亮、劉仁賢、潘欽、蔡顯修、謝牧謙、鍾堅、顏上惠、蕭金益（依筆畫順序）
主　　編　朱鐵吉
顧　　問　喻冀平
文　　編　鍾玉娟、翁明琪、陳婉玉
美　　編　陳慧欣
編 印 者　信誠廣告事業有限公司
地　　址　台北市興安街100號3樓之5

■ 行政院新聞局出版事業登記證・局版臺誌字第 851 號



低放射性廢棄物處置流程

◆黃粟來 譯

放射性廢棄物含有放射性物質，依照它的濃度多寡可分成低放射性廢棄物和高放射性廢棄物。核能電廠產生的廢棄物一般都是低放射性廢棄物，這些廢棄物包含氣體、液體還有固體狀，每種型態的廢棄物都需要安全的處理與管理。

氣體廢棄物

用活性炭吸附氣體狀的放射性廢棄物，等到活度衰減之後，再用過濾器除去放射性物質，並測定氣體中的活度，確認沒有放射性之後才能從排氣孔排出。

液體廢棄物

原則上電廠所使用的水都會再回收利用，清洗工作人員作業衣服的污水，如果放射性濃度很低，在測量活度之後，如果在安全範圍之內就排放至海中。

固體廢棄物

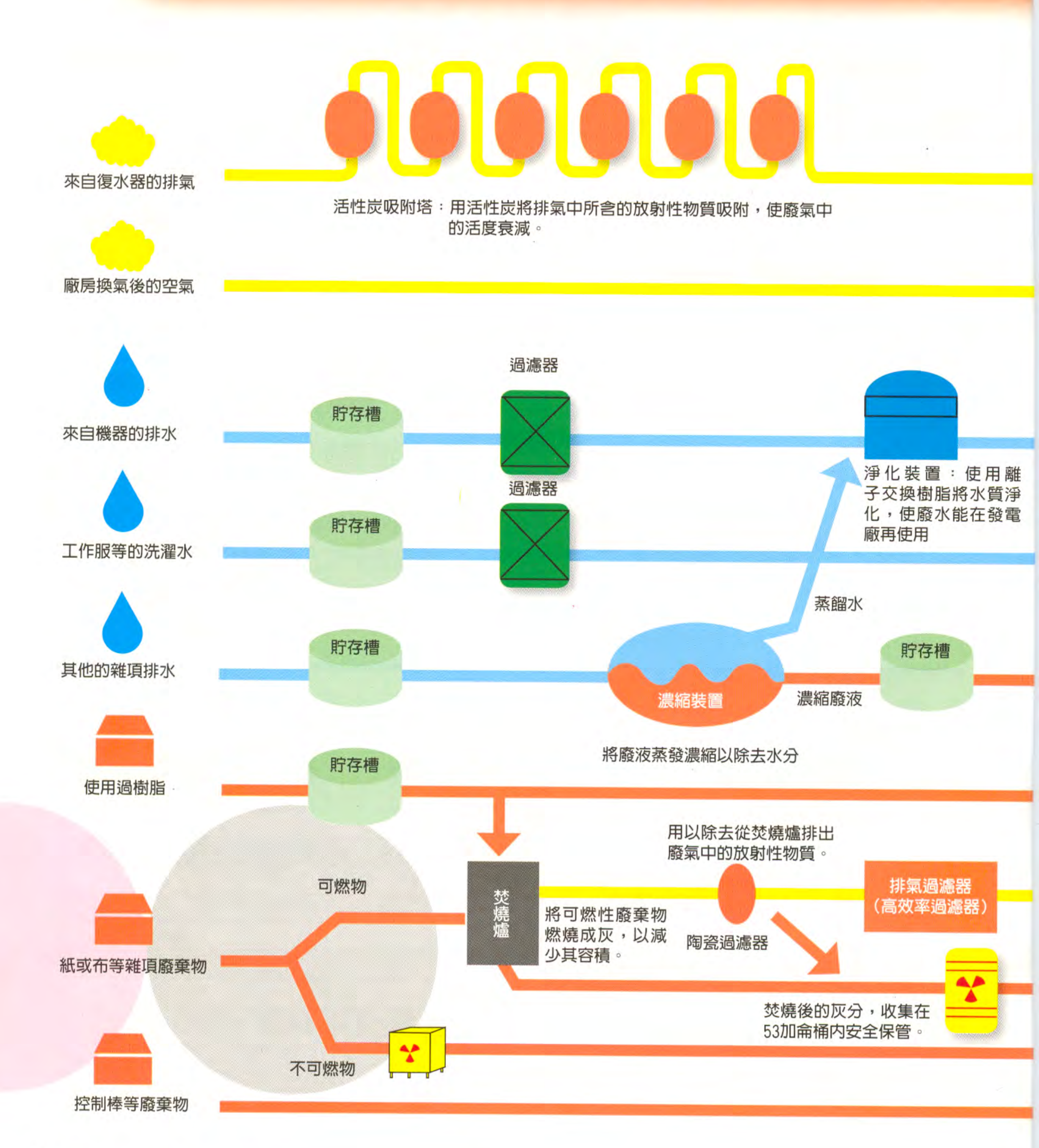
濃縮的液體廢棄物，用水泥或塑料將它固化，貯放在鋼桶中，安全置放在儲藏庫內。而使用過的樹脂或作業用的廢布料，如果是可燃物，燃燒的灰經過壓縮體積的過程以後，儲存在小鐵罐中，安全的保管。

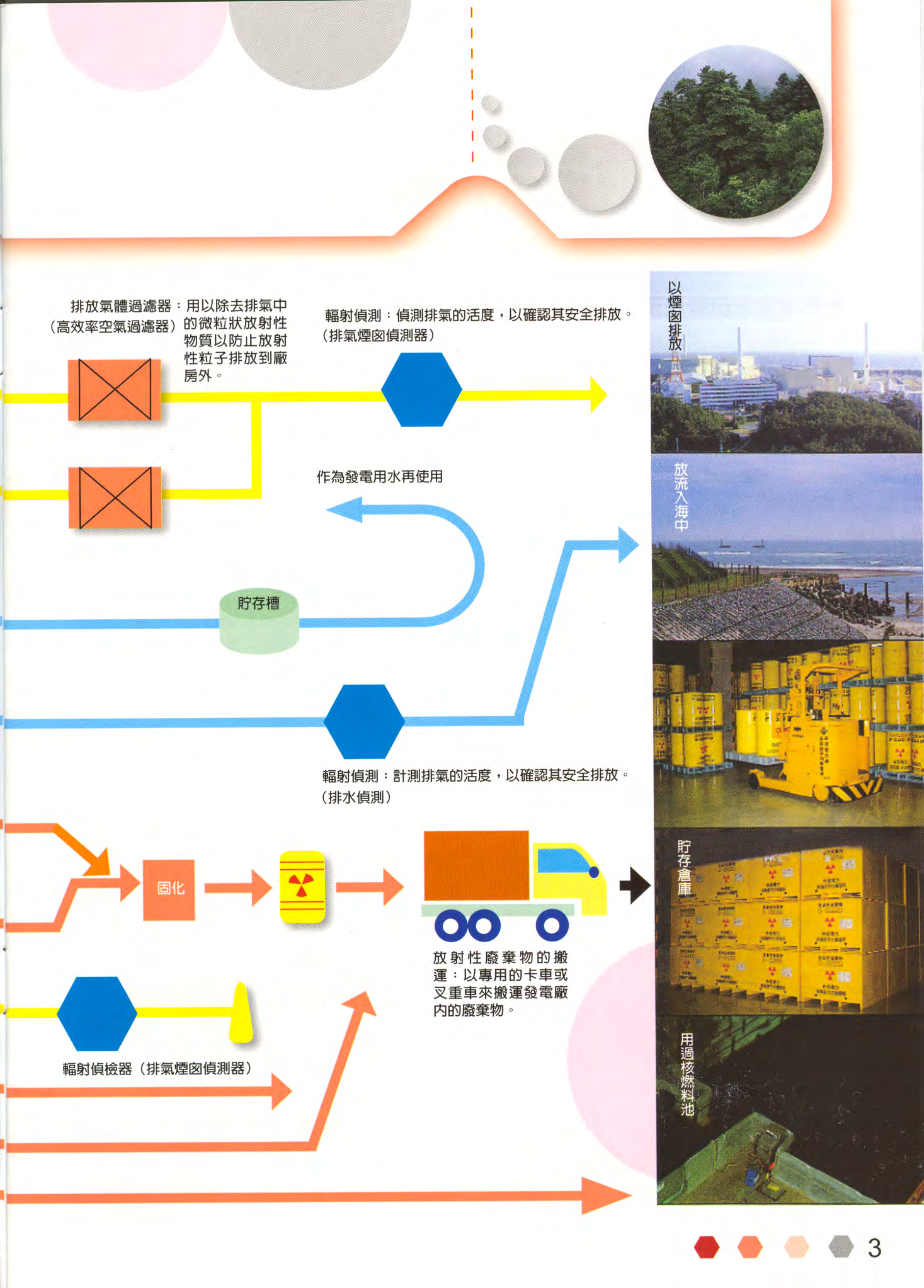
勘誤表

第103期核能簡訊第5頁的「我國低放射性廢棄物最終處置設施場址選定條例時間表」，內容有誤，茲更正如下：

時　程（民國）	作業內容
95年5月24日	本條例公布施行日期
95年8月24日前	組成處置設施場址選擇小組
96年2月24日前	擬訂處置設施選址計畫，提報主辦機關。
96年3月11日前	公告選址計畫，至民國96年4月10日止
96年6月10日前	核定處置設施選址計畫
96年12月10日前	提報主辦機關公告潛在場址
97年4月10日前	自願的縣市向主辦機關提出申請
97年6月10日前	提出候選場址遴選報告，並建議候選場址
97年6月25日前	將該報告公開上網並陳列或揭示於建議候選場址所在地的適當地點，至民國97年7月25日止
97年10月10日前	辦理地方性公民投票
100年	選定場址
105年	完成興建開始接收廢棄物

低放射性廢棄物處置流程




排放氣體過濾器：用以除去排氣中的微粒狀放射性物質以防止放射性粒子排放到廠房外。
（高效率空氣過濾器）
輻射偵測：偵測排氣的活度，以確認其安全排放。
（排氣煙囪偵測器）
以煙囪排放
作為發電用水再使用
放流入海中
貯存槽
輻射偵測：計測排氣的活度，以確認其安全排放。
（排水偵測）
固化
貯存倉庫
放射性廢棄物的搬運：以專用的卡車或叉重車來搬運發電廠內的廢棄物。
輻射偵檢器（排氣煙囪偵測器）
用過核燃料池

麻雀變鳳凰 日本六個所村

◆編輯室

最終處置場與當地民衆共存共榮

放射性廢棄物最終處置場該設在哪裡，這個議題多年來在我國爭論不休，也引發地方民衆的激烈抗爭。台灣人民不斷發出怒吼，不希望放射性廢棄物處置場設在自己的家園；然而放射性廢棄物處置場真的不能和民衆共存嗎？

日本早在十幾年前就設立亞洲最大放射性廢棄物處置場，幾年來當地民衆的所得還大幅躍進。六個所村從日本的一個窮鄉僻壤，在放射性廢棄物處置場設置後，引進上千個工作機會，目前村民的所得比整個青森縣民還高出五成。

而青森縣最引以為傲的農產品—蘋果，銷量絲毫不減，仍然暢銷全世界，顯示這些設施對環境與居民沒有不良的影響。尤其是配合回饋措施所完成的各種地方性建設，反而每年吸引全世界十幾萬人到這裡參觀，更成為了觀光勝地，為地方帶來繁榮的經濟。

亞洲最大放射性廢棄物處置場

日本六個所村低放射性廢棄物最終處置場位於日本青森縣上北郡六個所村，處置場座落於海拔30至60公尺的平原上，面積252,990平方公尺。自1990年開始興建，1992年12月由日本核子燃料公司（JNFL）負責開始營運。

六個所村最終處置場共分為二個處置區：1號處置區的容量為4萬立方公尺（約為20萬桶）。處置設施規劃為30個處置坑，可容納320桶廢棄物桶（每桶55加侖），每一處置坑可容納5,120桶。目前每年約接收2萬桶，預估2012年告一段落。

2號處置區已完成4個處置坑，處置坑尺寸比1號較大，可容納360桶廢棄物桶，每個處置坑可容納12,960桶廢棄物桶。同樣也以處置20萬桶廢棄物桶為目標。當最終階段完成後，六個所村處置場的處置容量將可達60萬立方公尺，約為300萬桶。

而六個所村的再處理廠是2006年3月31日開始試營運，花費約187億美元建造。試營運工作預計將持續到2007年8月，之後工廠將開始常規營運。日本目前將核能發電作為其第三大能源供應，並打算到2010年將核能發電的比例提升到接近40%。



●六個所村溫泉會館的一景



日本經驗值得台灣思考借鏡

六個所村同樣也歷經過一段抗爭的日子，經過政府一再地溝通，並實現對地方的回饋，最後才讓處置場與村民和平共處。

六個所村村長田之浩曾邀集村民去美國、法國參觀放射性廢棄物處置場，後來發現日本比這些國家做得還安全多了。

除了讓村民實地瞭解能夠安心之外，日本政府更拿出高達60億日圓的回饋金，重建六個所村。興建五星級的養老院，目的希望村民老有所終；社區跳舞教室造價高昂、設備完善，提供村民健康運動的場地；兼有KTV及泡湯的溫泉會館更成了村民最佳休閑去處。

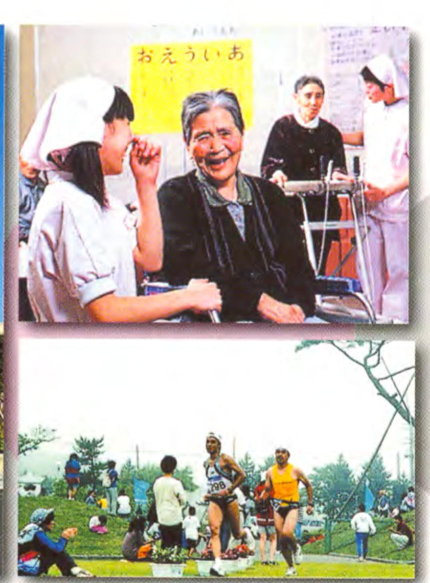
從抗爭到擁有20億回饋金蓋的溫泉會館，青森居民從恐懼到感到幸福，這個轉變得來不易。日本經驗鼓勵我們還要再繼續努力。



●六個所村低放射性廢棄物最終處置場全景

資料來源："六ケ所低レベル放射性廃棄物埋設センター"，日本核子燃料公司。



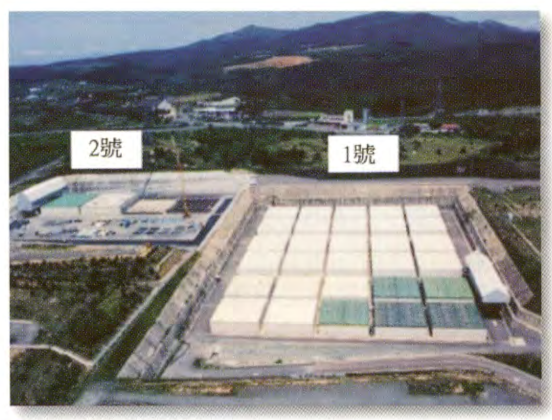


日本的淺地層處置

◆編輯室

一、六個所村低放射性廢棄物處置中心概述

自1992年起，日本六個所村的低放射性廢棄物處置中心(圖1)，就開始處理來自核能電廠的低放射性廢棄物。而從2001年開始，日本核子燃料公司便著手進行六個所村場址的地質及地下水勘查，以獲得有工程障壁(譯註：為防止放射性核種漏出，放射性廢棄物固化所用的水泥、瀝青、塑膠等，以及其盛裝容器，或貯存、處置設施的鋼筋混凝土等，皆稱之。)的低放射性廢棄物淺地層處置設施的基本設計及安全評估資料。

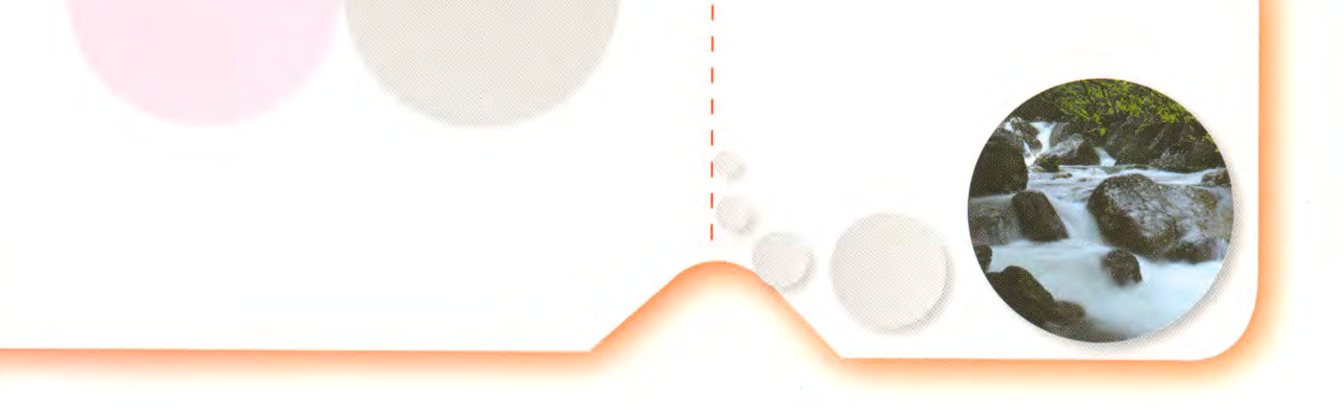


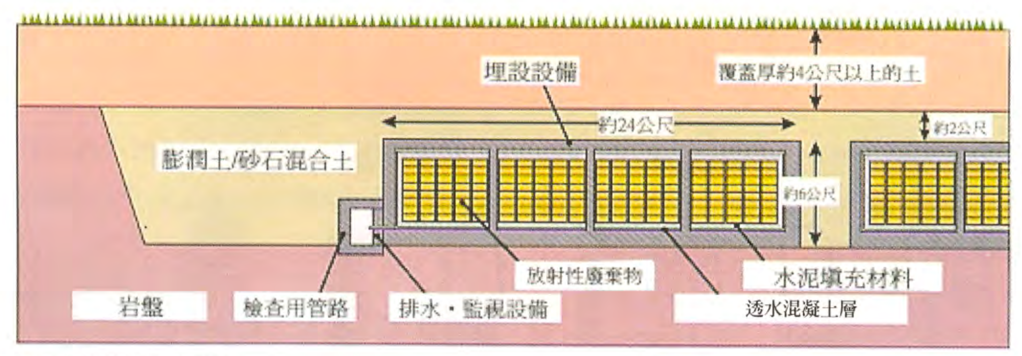
●圖2.處置場鳥瞰圖

圖2為六個所村低放射性廢棄物處置中心處置場的鳥瞰圖。處置場由強化混凝土製成，處置坑裡放入廢棄物鋼桶之後，會以灰泥將處置坑填滿。為了使地下水的影響降到最低，處置坑的四周將會以膨潤土/砂石的混合物覆蓋，然後再以附近的土壤覆蓋膨潤土/砂石混合物的頂部。(圖3)



●圖1.六個所村位置所在

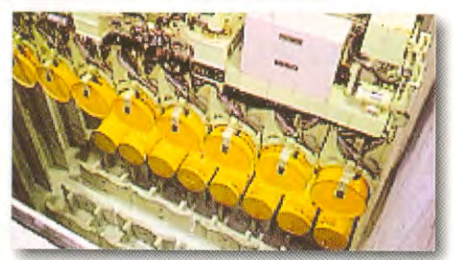




●圖3.埋設地層剖面圖

處置中心內的低放廢監測處主要分為暫時貯存區跟監測區。暫存區可容納3,200個廢棄物桶，而監測區配有廢棄物監測設備，操作員可在中央控制室內藉由使用設備檢查廢棄物外觀，管控廢棄物桶的情況。經過檢查之後，操作員會將廢棄物桶平放，然後使用專用的架空移動式起重機處理，在運送車輛上以一列8個廢棄物桶的方式送到處置區。





●圖4.架空移動式起重機處理廢棄物桶

三、日本淺地層處置概念

1. 廢棄物處置標的

現在日本核子燃料公司正在規畫中的淺地層處置設施，將接收比六個所村低放廢處置中心現在處置的廢棄物的濃度稍高。計畫處置的廢棄物包含反應器核心周圍的組件、離子交換樹脂、反應器換下或除役後的核心和再處理廠營運或除役所產生的部分廢棄物。

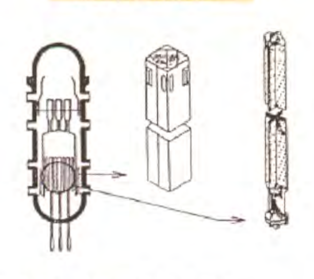
2. 日本淺地層處置的基本概念

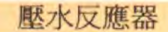
1998年日本原子力委員會(Atomic Energy Commission of Japan)於報告中指出，淺地層處置設施需要下列的條件限制：(1)足夠的地下深度(50-100公尺深)；(2)不存在自然資源；(3)夠長的地下水通道；(4)保存處置場紀錄和紀錄公開化。

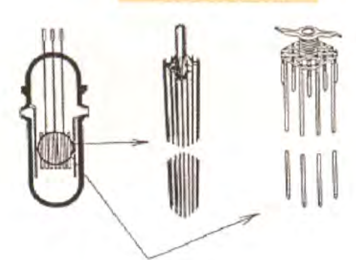
設施所有人並應透過監測核種是否洩漏及管制土地的使用，監控設施達數百年。

廢棄物標的
・高活化金屬
用過核子燃料控制棒, 燃料匣, 反應器核心等。
・高放射性的用過離子交換樹脂(來自反應器淨水系統)。

沸水反應器







●圖5.淺地層處理廢棄物標的

四、淺地層處置設施現況

1. 初步調查

日本核子燃料公司為取得在六個所村場址，建造淺地層處置設施可能性的評估資料，在2001到2002年間進行了初步調查。調查涵蓋地質及地下水調查，包含9個鑽孔調查、彈性波測試、滲透性調查及地球化學調查。

處置場址地下50-100公尺深處是範圍廣大的岩盤。地層的中層部分含有凝灰岩和砂岩，而較下層則是泥岩。已獲確認的是，這種地層的裂縫很少，而且用三軸壓縮試驗確認設施設置的部分具有充分的強度。另外藉由滲透性測試也得知，地下水流速度相當慢，因此也會限制核種的移動性。綜合以上調查結果，日本核子燃料公司決定可在六個所村場址建造設施。

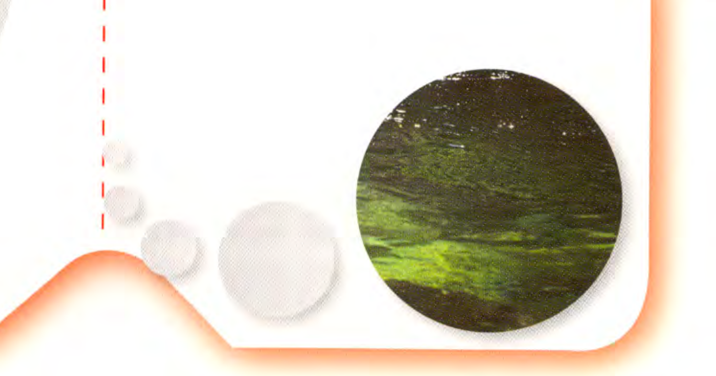
2. 詳細調查

在2002年到2005年期間，為獲得各種安全評估的資料，日本核燃公司曾施行詳細地質及地下水調查。而為了確認水壓情況和地球化學，也已做了13個鑽孔調查。

首先，要鑽出1公里長的隧道通道到地面下海拔負86公尺深處。在隧道通道鑽孔期間，也同時執行地質觀察、物理測試、滲透性測驗、孔隙水壓力量測等等。之後在隧道尾部建造大型試驗洞穴，以示範處置設施的穩定度。在挖掘之前，已先在試驗洞穴附近3座測試隧道鑽孔，用以檢視鑽孔的影響。

3. 設施概念

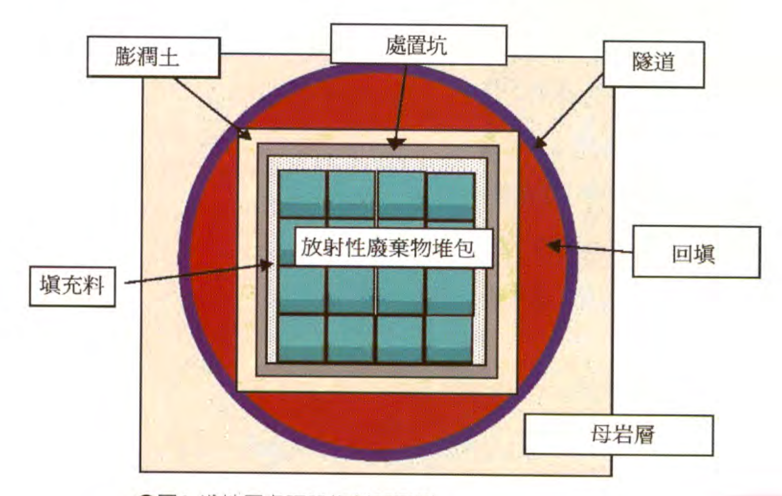
以詳細的調查為基礎，得以展現設施的設計概念。考慮海拔以下80公尺的地質情況，跟瑞典SFR的處置場一樣，設施的概念都是



隧道式。依據詳細調查結果，隧道直徑可達18公尺。如圖6所示，處置坑可做為隧道地下室，而多層的工程障壁系統含有金屬桶、水泥、膨潤土及回填物。支撐岩石不僅可發揮支托工程障壁的作用，也可支撐自然屏障。

4. 設施安全

為了確保淺地層處置場的安全，必須精確預測工程障壁和自然屏障所能發揮的功能。依據詳細調查的結果和概念設計，初步安全評估文件還在籌備中。安全評估的主要議題是考慮在長久的不確定因素之下，如何完善執行安全評估。日本原子力安全委員會(Nuclear Safety Commission of Japan)曾報告表示，有效的策略是採用風險告知作業法，加入可能的特定狀況造成的影響。日本原子力安全委員會目前仍在考量設計安全評估指導方針。



●圖6.淺地層處理設施剖面圖例

資料來源：

1.Kazuyuki Kato, Motonori Nakagami, Hiroshi Fujihara, "Current Status of Sub-surface Disposal in Japan," East Asia Forum on Radwaste Management Conference, 2006.

2.六ヶ所低レベル放射性廃棄物埋設センター"，日本核子燃料公司，http://mext-atm.ist.go.jp/panf/group.html

低放射性廢棄物處置的守門員—日本泊核能電廠的輻射管理

◆黃粟來 譯

固體廢棄物裝入53加侖鋼桶，存放於固體廢棄物貯存庫安全保管。

固體廢棄物如何處置?

核能發電作業中所產生的垃圾，如果是可以燒的就放進雜項固體焚燒爐中焚燒，灰分則裝入鋼桶中。金屬或不能燒的垃圾，經過壓縮減少體積後再裝入53加侖鋼桶中。53加侖鋼桶容納不了的大型廢棄物，另以專用容器盛裝，或妥善包裝成捆包體。

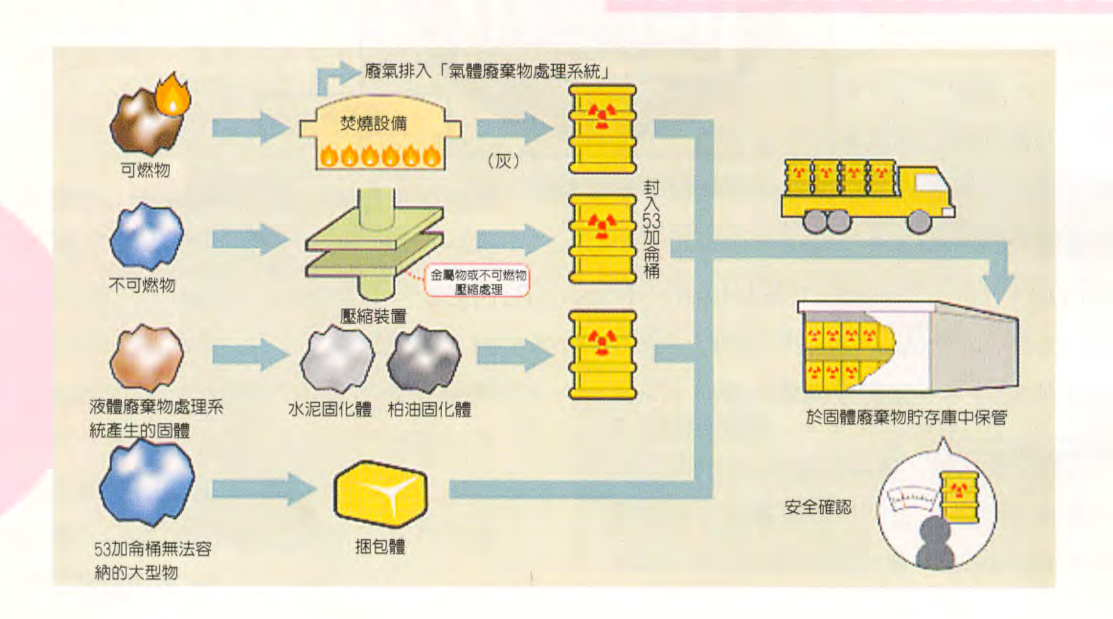


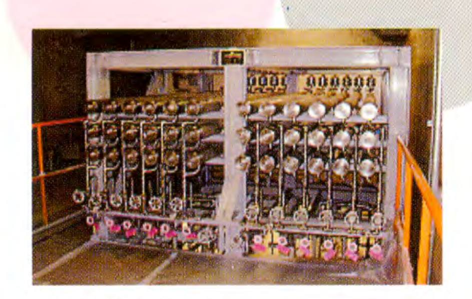
53加侖廢棄物鋼桶在固體廢棄物貯存庫內的貯存狀況

經過濃縮處理後的液體廢棄物--濃縮廢液，與柏油或水泥混合後也裝入53加侖鋼桶。至於輻射劑量較高的垃圾，則裝入多一層混凝土內壁的53加侖鋼桶，以降低鋼桶外的輻射劑量率。這些53加侖鋼桶或捆包體再運往固體廢棄物的貯存庫保存。

低放射性廢棄物的掩埋

目前，日本全國核能電廠內貯存的低放射性廢棄物(固體廢棄物)約有50萬桶(53加侖)。現已集中在青森縣六個所村將這些廢棄物安全、有效率地掩埋。日本核子燃料公司所成立的低放射性廢棄物處置中心自1992年在此地開始作業。現階段(2006年底止)共掩埋了約20萬桶。最終目標預定掩埋300萬桶。




洗濯廢水處理裝置



固體廢棄物如何管理?

固體廢棄物貯存庫內的53加侖固體廢棄物固化桶與捆包體，定期地確認貯存狀況，同時也定期偵測輻射劑量，以確認沒有異常情形發生。

●固體廢棄物的保存狀況

日本的泊核能電廠固體廢棄物貯存庫貯存了大約相當於18,000個53加侖鋼桶裝的固體廢棄物。53加侖鋼桶與捆包體年產量約300桶

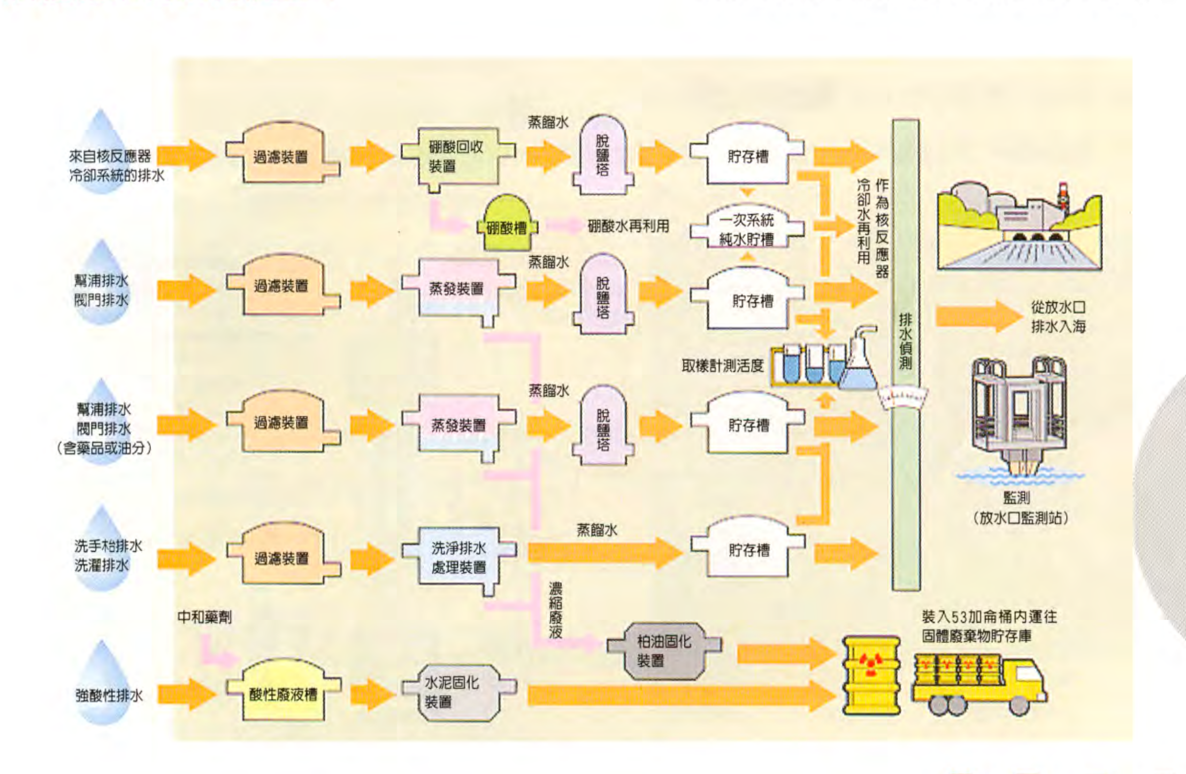
液體廢棄物經確認安全後排放於海洋中

液體廢棄物如何處置？

液體廢棄物依來源的不同分別以不同的貯存槽收集。依照不同的特性使用不同的裝置系統加以妥善的處理。核反應器冷卻水系統的排水，經過處理後成為濃縮的硼酸水和已經去除放射性物質的蒸餾水。硼酸水全數加以再利用，蒸餾水可供再利用或從排水口排入海中。至於其他種類的廢棄物處理，則使含有放射性物質的濃縮廢液與不含放射性物質的蒸餾水等清淨水加以分離。

濃縮廢液與柏油混合後於53加侖桶內固化。固化體送往固體廢棄物貯存庫中保存。清淨水由貯存槽收集後，部分再利用，其他則經排水口排入海中。

至於水質分析所使用的強酸性化學藥品，



為了防止處理的裝置被腐蝕，經中和處理後再與水泥混合，之後注入53加侖鋼桶中固化。

液體廢棄物如何管理？

經處理後的蒸餾水與滲透水（透過水）排入海中之前，先取樣計測活度，確認排水中的放射性物質濃度符合標準。排放過程中另以監測器監測排水的安全性。

氣體廢棄物經確認安全後由排氣煙囪排出

氣體廢棄物如何處置？

核反應器冷卻水中含有氫氣與放射性氣體。這些氣體在氫氣再結合裝置中使氫氣重新結合成水，剩餘的放射性氣體貯存於貯存槽中，等到活度衰減後由煙囪排出。

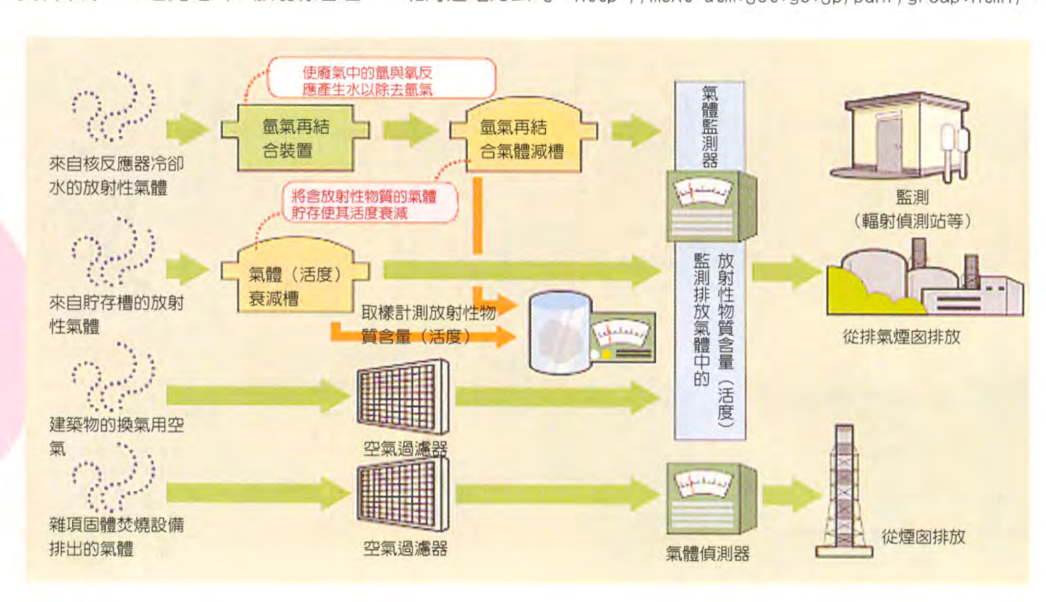
核反應器的排水由貯存槽收集後，排水中所含的放射性氣體將集中於貯存槽的氣相空間。之後將這些放射性氣體引入另外的氣體貯存槽，等到活度衰減後由煙囪排放。

此外，廠房的換氣會經過空氣過濾器，將放射性物質除去後從煙囪排放。雜項固體焚燒爐的排氣和廠房換氣的排氣一樣，都是經過處理後由專用的煙囪排放。

氣體廢棄物如何管理？

在貯存槽中活度已經衰減的氣體，在排放前，先經取樣計測，確定其活度相當低微，符合排放標準才排放。另外，在排放過程中，另以監測器監測排放氣體，確認其安全性。

資料來源：“泊発電所の放射線管理“，北海道電力公司，http://mext-atm.jst.go.jp/panf/group.html/。



驚天動地90秒！

恆春大地震當時的核三廠

◆編輯室

時間：民國96年12月26日晚上

地點：核三廠2號機控制室

16：00

值班主任（SRO）楊文欽、反應器運轉員（RO）陳錦池、輔助反應器設備運轉員（ARO）林國和準時進入控制室跟前一班運轉人員進行交接工作。

16：25

檢查完所有的指示信號與警示燈號等設備，完成交接動作。

20：26

才又完成一次控制盤面檢查及記錄工作，坐下來準備整理資料，突然出現一陣劇烈搖晃，連不銹鋼打造，防震一級的控制台基座都晃動得極為嚴重，三人剎時又驚跳起身。此時RO走向第二盤時已明顯無法站穩，ARO想站起轉身監看蒸氣產生器水位也極為困難！

地震持續增強，值班主任需扶在辦公桌上，RO扶在第二盤（監視爐心），ARO扶在第八盤（監視警報及主飼水泵），才能勉強站穩！控制室天花板灰塵大量掉落，煙霧瀰漫。

這時，控制室警報聲大作！各重要水槽水位警報、大型迴轉機震動警報均出現。特別是反應器冷卻水幫浦和主汽機發生振動過高的現象。

SRO察覺不對勁，不敢稍有遲疑，立刻按照平時的訓練，翻開程序書。在機組面臨地震的嚴重考驗與團隊組員的建議下，採取以機組安全為考量的保守性決策，慎重的下達手動急停的指令。（圖1）



圖1.楊文欽按照訓練時的規定，一邊迅速地翻著程序書，一邊下達指令

RO一隻手緊緊抓著控制台，一隻手取下手動急停裝置的透明盒蓋，大聲複誦指令後，轉動停機的開關。（圖2）



圖2.陳錦池取下透明蓋，轉動手動急停的開關

反應爐急停動作開始，三人立即依據程序書逐步檢查所有自動動作設備的動作情形，並執行將反應爐穩定在安全停機狀態的後續操作。

接下來，ARO在長達10幾公尺且正在劇烈搖晃的控制台和不斷晃動的地面之間來回奔跑，他幾乎是四肢並用的執行完所有後續一連串的指令、動作和檢查工作。（圖3）



圖3.林國和在與地牛搏鬥之餘，還要奮力執行一連串的檢查作業

這只是剛開始，地震搖晃的時間雖然只持續約1分多鐘，但是他們三人在將機組穩定下來後，就已經像是剛跑完百米競賽，緊繃的情緒這時才慢慢舒緩下來。

20：34

又來了！強烈的餘震繼續撼動著這座控制室，所幸之前已經做了最保守的決定，現在控制棒已經插入爐心，反應爐與機組都已經停下來了，只要注意還有沒有其他突發的異常狀況。

這次搖晃的時間也長達1分多鐘，但是感覺已沒那麼劇烈，因為機組處於安全停機中，心理的壓力減少許多。

20：38

鎮定地指揮全局之後，SRO楊文欽這時才想到這是他到核三廠工作20年來遇到最嚴重的一次地震。剛剛執行手動急停時，依照平時訓練方式的本能動作，照著程序書一項一項進行檢查，心裡只想到怎麼樣讓機組安全、設備穩定。現在，他「不知道下一秒鐘會如何」的擔憂，已經煙消雲散。

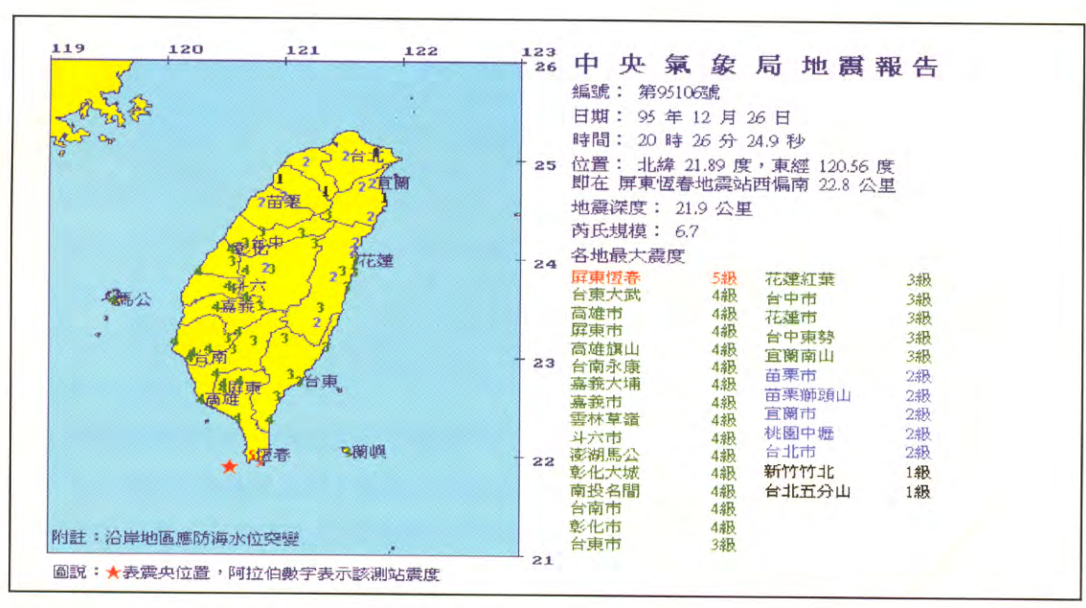
RO陳錦池則是感覺：「這次地震真的很大！」他真的沒想到連具有防震一級設計的控制室都能搖成這樣，外面不知道震成什麼樣了？真希望不要有什麼災情才好！對於強震後，反應爐能安然的處在安全停機狀態，感到非常的心安！這時也才開始擔心起自己家裡的情況。

而ARO林國和則感受到前所未有的震撼教育，經過與地牛奮力的搏鬥之後，現在心中最值得慶幸的一件事就是「電廠的電源OK！」，因此不會造成廠內喪失電源，設備無法運轉，無法執行安全作業等棘手的狀況。

採訪後記

這次恆春大地震是我國設立核能電廠以來，在廠區發生最大震度的地震，核三廠也





是第一座最接近震央，並通過規模6.7、震度5級強震試煉的核能電廠。

核三廠核能技術課黃啓誠課長指出，這次地震高樓層的加速度最大值是0.17g，而核三廠廠房的安全停機地震值是0.4g（可相當於規模8.3以上的強烈地震在發生地的震度，而921地震的規模為7.3），因此廠房實際所承受的地震強度，仍在當初設計時安全持續運轉的基準之下。（圖4）

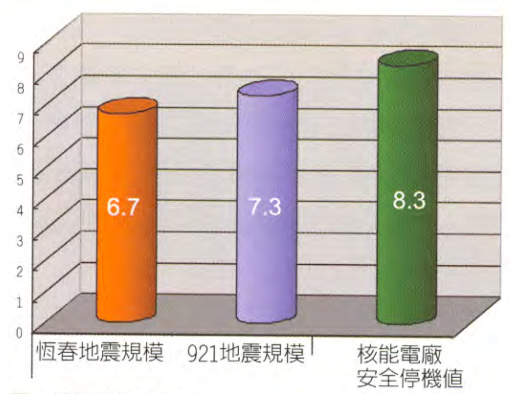


圖4.地震規模比較表

這並不是說超過「安全停機地震值」的地震，就會把核電廠震垮了；而是說所有安全系統都能正常運作，多層屏蔽的設計可保證沒有任何輻射外洩的顧慮。如果想要把電廠震垮，並釀成核災，可能要有毀滅型超級地震，不過人類到目前為止都還沒有見識過。（表1）

而核三廠的運轉人員能夠在毫無預警的情況下，做出符合安全規範的一連串停機作業，可見平日的訓練工作是多麼精良確實。

停機之後，核三廠立刻進行廠區機組設備的檢查，並沒有發現重大設備損害的情形，也沒有輻射外洩的問題。12月27日晚上7點，經過原子能委員會核准，2號機再度起動。因為實在沒什麼損傷，僅僅停機一天，就可以通過各項安全檢查。

表1.芮氏地震規模分級表

芮氏規模	地震造成的影響
2.5	一般人能夠感覺到搖晃
4.5	開始造成局部傷害
5	所釋放的能量相當於1945年美國墨西哥原子彈試爆能量總和
7	猛烈的地震，可搗毀大部分建築
7.3	相當於30顆廣島原子彈威力
8	相當於1,000顆廣島原子彈威力
8.5-8.7	1960智利大地震、1897印度阿薩母地震、1964阿拉斯加大地震
9.0以上	2004年南亞大海嘯，摧毀方圓數千英里的區域

可是，也因核三廠停機一天，台電公司必須利用石油、煤炭、天然氣等其他替代能源來維持供電，就這麼一天，台電增加的發電成本高達新台幣3,000萬元-4,000萬元左右。

根據側面瞭解，當時地震發生時，在核三廠內的宿舍區感受到的強度也是非常劇烈，很多不當班的員工第一時間就往廠裡面衝，一心掛念的只是機組設備的安全。和一般「正常人」遇到強烈地震時往建築物外面衝的習性，真的不太一樣，更何況是一般人誤認是有危險的核能電廠。從此可以看出核三廠的員工認真負責的精神，更可以知道核能電廠的安全設計，真的是可以掛保證。



圖4.核三廠控制室內的情形

此外，現任廠長陳布燦與前任廠長施弘基去年更同時榮獲核能界最高榮譽的「朱寶熙紀念獎」，這個獎就是頒給對核能安全文化極有貢獻的從業人員，現在看來，核三廠這個團隊得獎真的是實至名歸！

（編按：本刊記者前往核三廠採訪時，正好遇到地震當時值班的3位運轉人員正在模擬訓練中心受訓，他們特地為本刊讀者實際模擬地震時的一連串處置，在此特別感謝他們！）



楊文欽（右）、陳錦池（中）、林國和（左）以冷靜沉著與專業職能使核三廠度過有史以來最大的地震危機



強烈地震時會不會讓核能電廠垮掉？



核能發電廠的地震對策



核能發電廠的耐震設計是根據徹底調查與分析核能電廠所在地可能發生的最大地震發生時，放射性物質也不至於外洩的要求來設計。

1. 建廠地點應避開活斷層

選擇廠址必須詳細調查周邊的活斷層或過去的地震，以避開活斷層。

2. 建廠地點應選在堅固的岩盤上

核反應器廠房等重要的建物，為了在地震時不至於有太大的動搖，必須建築在堅固的岩盤上。

3. 核能電廠的設計必須可承受所假設的極限地震

重要的安全設施，耐震的強度必須是一般建築物的三倍，可承受設計時所假設的最大地震。

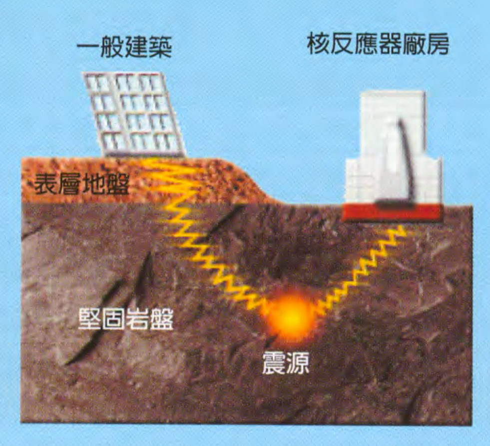
4. 感受到所設定地震級數時，必須自動停止

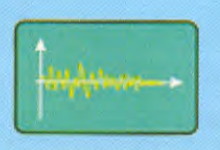
在核反應器廠房上設置「地震感測器」，當感受到五級以上地震時核能反應器即自動停止。

核反應器建在堅固的岩盤上，並可承受的假設最大地震來設計。

被增幅的表層地盤的地震







堅固岩盤的地震

我國核能電廠耐震設計是經由探測來判定廠址附近的斷層是不是活斷層，並分析歷年最大地震震度，推算出安全停機地震值：

核一廠	核二廠	核三廠	核四廠
0.3g	0.4g	0.4g	0.4g

2015年度日本的核電比例增為43%

◆葉有財 譯

日本經濟產業省發表2006年度12家電氣業者的電力供應計畫，其中核能的比例自2005年的31.5%可能增加至2015年的43.1%。

核能發電廠的開發計畫中，東京電力與東北電力各將電廠的開工與運轉時期比較去年的計畫各延期一年。

日本的發電容量組成，核能則自2005年的31.5%增為2006年的34.2%，至2010年為36.1%，有顯著地成長。火力方面則由2005年的60.0%減至2015年的46.7%。10年後的核能發電量尚比火力少，其他新能源僅由0.6%增至0.9%即停止。

發電設備容量方面，核能由20.8%增加至23.8%（6149萬瓩）。

根據計畫中的核能電廠開發如表所示。至2010年開始運轉的電廠，在2005年的供給計畫中本來有3部，但因東北電力的東通1號機已於2005年12月運轉，而北陸電力的志願2號機亦於2006年3月開始運轉，故僅剩下北海道電力的泊3號機91萬瓩。

預計2015年開始運轉的共有8部1,135萬瓩的機組，全部計畫為13部、共約1,723萬瓩。

在2005年計畫中延期的有東京電力4部與東北電力2部，各延期開工及運轉一年。

日本核能電廠開發計畫

電力公司	核能電廠	發電量（萬瓩）	開工年月	運轉開始年月	備註
北海道電力	泊3號	91.2	2003年11月	2009年12月	壓水反應器
東北電力	浪江・小高	82.5	2012年	2017年度	沸水反應器
	東通2號	138.5	2012年以後	2017年以後	進步型沸水反應器
東京電力	福島第7號	138.0	2008年4月	2012年10月	進步型沸水反應器
	福島第8號	138.0	2008年4月	2013年10月	進步型沸水反應器
	東通1號	138.5	2008年	2014年	進步型沸水反應器
	東通2號	138.5	2010年以後	2016年以後	進步型沸水反應器
中國電力	島根3號	137.3	2005年12月	2011年12月	進步型沸水反應器
	上關1號	137.3	2009年	2014年	進步型沸水反應器
	上關2號	137.3	2012年度	2017年度	進步型沸水反應器
電源開發	大間原子力	138.3	2006年8月	2012年3月	進步型沸水反應器
日本原子力電力	敦賀3號	153.8	2007年5月	2014年3月	進步型壓水反應器
	敦賀4號	153.8	2007年5月	2015年3月	進步型壓水反應器
合計 1,723.0萬瓩（13部）					

（原子力產業新聞，2006.4.6.）（本文譯者為中華民國核能學會秘書長）



美國能源部延遲移除用過核子燃料 核能電廠獲賠

日前美國聯邦法院做出裁定，美國新英格蘭州核能電廠控告能源部一案，能源部應賠償1億4千3百萬美元。新英格蘭州3座核能電廠經營公司，先前聯合控告能源部未能依照原本合約要求，在1998年以前移除關閉的反應器廠址的用過核子燃料，導致這3座核能電廠必須建造乾式中期貯存設施。

兩年前另一核能電廠經營者「艾塞隆」，也曾與司法部達成賠償金額不詳的協議，做為美國政府無法在1998年的指定日期前，將用過核子燃料自其17個核子反應器移除的補償金，預計補償金額到2015年可能將高達6億美元。

Platts 4/10/06, Nucleonics Week 12/8/04.

英國國會議員傾向支持核能

過去一年來，英國執政黨工黨議員對建造核能機組做為替代能源的支持度明顯增加，反對聲浪相對下降。調查結果顯示，國會兩黨議員總計有61%支持建造新核能廠，22%反對。66%的議員認為核能「應該」成為英國未來能源的主要來源，而81%則認為核能「會」成為主要來源。工黨議員中，支持建造新核能電廠的比例由2005年的35%增加為60%，而保守黨議員則有80%的支持度。

英國議員支持的原因中，37%為能源安全性、18%為再生能源實際上無法充分供應需求、15%認為核能可以降低對化石燃料的依賴、15%則認為核能的安全紀錄良好，認為可平衡能源政策需求的則占12%。除保守黨議員較為支持「平衡能源政策需求」此項原因外，兩黨在其他部分並無顯著的意見差異。78%的議員認為在進行建造新機組之前，應先貫徹有效的放射性廢棄物政策，但議員中只有28%相信英國政府在此方面已有「清楚的執行方向」。至於議員們信任的核能資訊來源，學術界人士為83%、核能工業領袖51%、環保人士44%，以及媒體為24%。

2006年11月時，首相布萊爾曾告訴議會，「英國需要效法全世界其他的國家，把核能放回議程中，至少以核能取代因關閉老舊電廠所損失的發電量，否則我們無法達到在氣候變遷，或在能源安全議題上設定的目標。」2005年核能提供了英國750億度的電量，占全國總電力的20%。

Ipsos MORI 26/9/06, Times 16/11/06.

放棄淘汰核能政策　荷蘭勾勒新未來

原本反核的荷蘭環保部長代表經濟部長，日昨遞交「新建核能電廠條件」相關文件給國會，此舉等於宣告該國已放棄先前逐步淘汰核能的政策。荷蘭環保部長並表示，核能可以減少碳釋出量。新建核能電廠條件中規定，在海岸沿線廠址上的電廠，一定要採用

第3代新反應器，且反應器安全層級應與亞瑞華開發出的歐洲壓水反應器(EPR)相當。最晚在2016年底反應器營運之前，荷蘭政府必須對現有的高放射性廢棄物制定出處置策略。用過核子燃料應貯存至2025年，再選擇採直接處置、再處理、群分離*或核轉換**方式處置。核能電廠關閉後應迅即拆除，且明定除役基金用途。除此之外，應從已認證、重視環保問題的礦場開採鈾礦。且礦場最好是以對環境衝擊相對較低的現場瀝濾法(in-situ leaching, ISL)採礦。以上相關建廠條件，尚須由荷蘭於2006年11月底選出的新議會投票表決通過後才能生效。

*含高放射性廢棄物液體依核種、化學性質、輻射種類、半化期的不同分成數群。例如，分成：分裂產物廢棄物、超鈾元素廢棄物、低放射性廢棄物。

**一核種經由核反應轉變為另一核種。又指經由反應器或加速器使長壽命或高毒性放射性核種行核反應轉變為穩定或短半化期的核種。為高放射性廢棄物(超鈾元素)處理、處置考慮的方法之一。

Platts 29/8/06, EPZ 29/9/06.

澳洲核能評估報告出爐

澳洲總理成立的專家任務小組，在針對核能電廠與其相關事項的草案報告中，做出支持鈾礦開採與出口等多項結論。專家們認為，在鈾礦出口方面，雖然鈾轉化與濃縮可大幅提升產品價值，且必須去除國內的反對阻力，但是以商業觀點來看，吸引力不高。

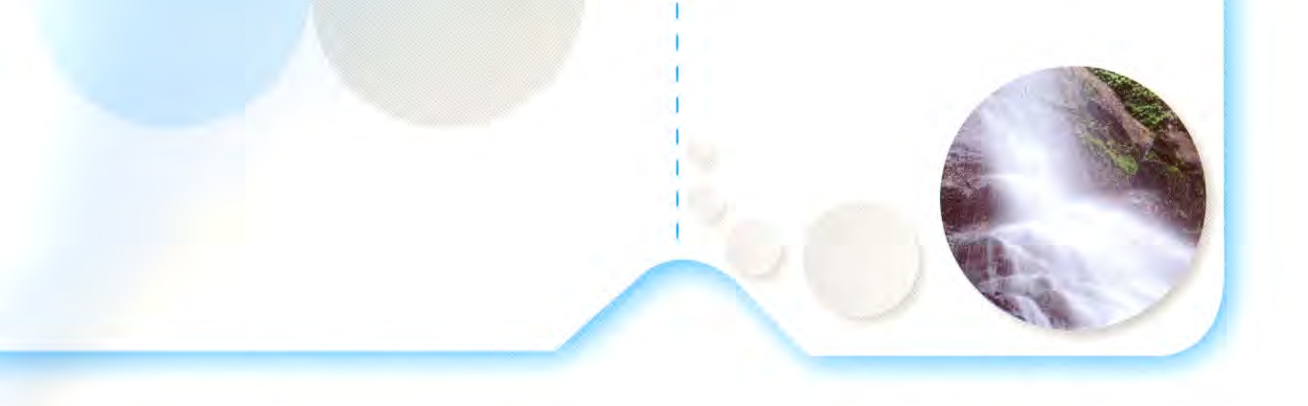
而在核能發電方面，專家們表示，核能發電成本將比燃煤火力發電貴20-50%，而只有在對每公噸二氧化碳徵收12-30美元的「低而適度」稅賦時，核能發電才具競爭力。但專家也指出，核能發電是可以提供基載電力的最廉價與低排碳的科技，且環境負荷小。

澳洲未來的第一批核能電廠可在15年內啓動，之後，位於沿海廠址的25座反應器在2050年前，將供應全國未來成長一倍的總電力中1/3的發電量。而投資核能電廠確實可大大降低溫室氣體減量排放的難度。報告說明，2050年澳洲藉由核能電廠而減少的碳排放量可達8-18%。另外，備受爭議的放射性廢棄物議題其實是可處理的，且核武擴散並不會加劇。專家們認為，今日的核能是成熟、安全且乾淨的發電工具。

UMPNER draft report 21/11/06.

聯合國經合組織報告 強調核能重要性

聯合國經濟合作暨發展組織所屬的國際能源總署在《2006世界能源展望》報告中，強調在滿足安全能源供應的需求以及降低二氧化碳釋出量方面，核能發電與日俱增的重要性。國際能源總署預測，如果各國能源政策維持不變，到2030年全球能源需求將增加53%，使得未來能源不清潔、不穩定且昂貴



之外，也供應危機。全球增加的電力需求，高達70%以上是來自以中國大陸與印度為首的發展中國家。2010年以前中國大陸將取代美國，成為全球二氧化碳釋出量最多的國家。

《2006世界能源展望》報告指出，因為鈾礦資源豐富，故核能發電能節省成本，發揮減少對進口天然氣的依賴及抑制二氧化碳排放的重大作用。然而各國政府必須在促進私人投資方面，扮演更強硬的角色。特別是在現今的自由電力市場中，在電力安全與低價之間必須做出妥協，一向是吸引新建電廠與電力網路基礎設施投資客的阻力。在國際能源總署設定替代能源的情境中，到了2030年，需要投資20.2兆美元以使核能發電的發電比例增加到41%至5.19億瓩電，如此將可降低10%的能源需求以及16%的二氧化碳釋出量。在20.2兆美元的投資中，11.3兆美元將用於電力、5.2兆美元用來發電，其餘則是用於輸配電力。

IEA 7/11/06.

國內新聞

台北縣與台電放射性廢棄物貯存爭議持續延燒，台電昨天表示，如果縣政府遲未核發高放射性廢棄物乾式貯存場的建照，全台恐將陷入斷電危機。

台電指出，核一廠內存放高放射性廢棄物的濕式貯存水池，預計使用到民國98年就會完全放滿，如果未能及時移放到下階段的乾式貯存場，核一廠只好被迫停機，影響全台約4%的發電能力。

核二與核三廠內的乾式貯存場如也未能及時建妥，全台供電系統將會失去兩成左右的發電能力，隨時可能發生限電或斷電現象。

台電表示，核一廠內乾式貯存場應該今年初就開始興建，加上約兩年的興建期程，距離98年核一廠濕式貯存場容量已滿的期限還有一段期間，但台北縣政府遲未審核通過乾式貯存場的水土保持許可，使得台電文件四進四出縣政府，延宕近一年後毫無動靜。

台電擔心，若是未能於明年初開始興建核一廠的乾式貯存場，到了民國98年，核一廠很有可能會被迫停機關廠，影響所及，位於台北縣的核二廠與屏東縣的核三廠都可能比照辦理，但由於核電廠屬於基載電力，可以24小時發電不停止，一旦停止發電，將使全台發電系統，處於極為不穩定的狀態。

(2006.12.21.聯合報)

財團法人核能科技協進會執行長至民國96年1月1日起由周源卿博士擔任。

(2007.01.01本刊訊)

在消失10年之後，清華大學今年重新成立核子工程與科學研究所，3月的研究所考試中，將招收15名的碩士生。清大並預計明年成立核子工程與科學研究所博士班，但大學部「工程與系統科學系」目前沒有改回核子工程系的計畫。

(2007.02.05.中國時報)



位於蘇漣（Soulaines）地區的盧伯（Aube）低放射性廢棄物處置中心的最終處置單元結構，這種由法國發展的處置概念已被許多國家採用。（法國COGEMA公司提供）